

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-137138

(P 2 0 0 0 - 1 3 7 1 3 8 A)

(43) 公開日 平成12年5月16日(2000.5.16)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
G02B 6/293		G02B 6/28	B 2H037
6/10		6/10	D 2H050
6/32		6/32	
6/42		6/42	
27/10		27/10	

審査請求 未請求 請求項の数50 F D (全16頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願平10-327490	(71) 出願人	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成10年11月2日(1998.11.2)	(72) 発明者	新田 淳 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
		(72) 発明者	沼居 貴陽 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
		(74) 代理人	100086483 弁理士 加藤 一男

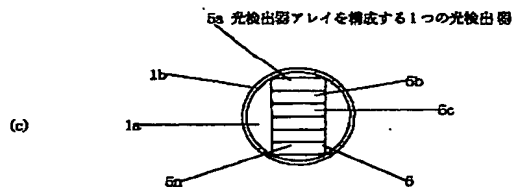
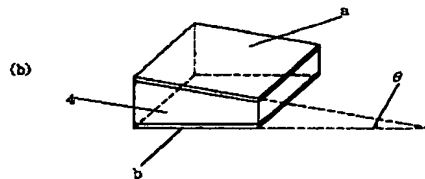
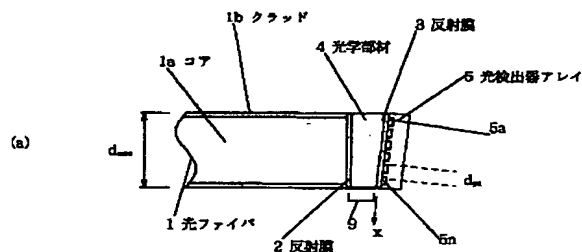
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 分波・合波手段を端部に備えた光ファイバ、及び分波・合波手段を受光面上に備えた光検出装置

(57) 【要約】

【課題】 構成要素間の光学結合を簡易にする構成を持つ分波・合波手段を端部に備える光ファイバである。

【解決手段】 分波・合波手段付き光ファイバは、光ファイバ1と2つ以上の光波を充分狭い波長スペクトルとして分波或は合波する分波・合波手段2、3、4を有する。分波・合波手段2、3、4は、少なくとも光ファイバ端面上に設けられたり或は形成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】光ファイバ、及び少なくとも光ファイバ端面に設けられた或は形成された 2 つ以上の光波を充分狭い波長スペクトルとして分波或は合波する分波・合波手段を有することを特徴とする分波・合波手段を端部に備えた光ファイバ。

【請求項 2】分波・合波手段は、光軸方向にほぼ直角な方向に光学長が変化するファブリペローエタロンであることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 3】分波・合波手段は、ミラー間隔が徐々に変化する楔型ファブリペローエタロンであることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光ファイバ。

【請求項 4】隣接分波光波間のクロストークを避ける為に、分波・合波手段はその各分波光波路間にわたる多重反射を防止する為の手段を有することを特徴とする請求項 1、2 または 3 記載の光ファイバ。

【請求項 5】分波・合波手段は、均一屈折率の光学部材とその互いに平行でない端面上の反射膜により構成されている楔型ファブリペローエタロンであることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れかに記載の光ファイバ。

【請求項 6】更に分波・合波手段上に分波光波を検出する複数の光検出器を有する光検出器アレイが設けられ、分波・合波手段は、間隔を置いて互いに平行でない所定の関係に置かれる光ファイバ端面上の平面反射膜と光検出器アレイの端面（受光面）上の平面反射膜で構成されている楔型ファブリペローエタロンであることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れかに記載の光ファイバ。

【請求項 7】光ファイバ端面上の平面反射膜と光検出器アレイ端面上の平面反射膜を、間隔を置いて互いに平行でない所定の関係に置く為に、治具に光ファイバと光検出器アレイを同軸上に置いていることを特徴とする請求項 6 記載の光ファイバ。

【請求項 8】光ファイバ端面上の平面反射膜と光検出器アレイ端面上の平面反射膜を、間隔を置いて互いに平行でない所定の関係で置く為に、スペーサ部材を光ファイバ端面と光検出器アレイ端面の間に挿入して光ファイバと光検出器アレイを隔てていることを特徴とする請求項 6 記載の光ファイバ。

【請求項 9】前記所定の関係を変化させる為の可変手段を更に有することを特徴とする請求項 6、7 または 8 記載の光ファイバ。

【請求項 10】分波・合波手段は、平行な反射膜とその間に挿入された屈折率に分布がある光学部材から構成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光ファイバ。

【請求項 11】屈折率分布は線形的に単調増加或は単調減少する分布であることを特徴とする請求項 10 記載の光ファイバ。

【請求項 12】屈折率分布は階段状に変化する分布であることを特徴とする請求項 10 記載の光ファイバ。

【請求項 13】屈折率分布は単調増加或は単調減少で階段状に変化する分布であることを特徴とする請求項 12 記載の光ファイバ。

【請求項 14】屈折率分布は所定のランダム態様で階段状に変化する分布であることを特徴とする請求項 12 記載の光ファイバ。

【請求項 15】屈折率に分布がある光学部材は、屈折率分布型の光ファイバであることを特徴とする請求項 10 記載の光ファイバ。

【請求項 16】分波・合波手段は、相補的形状の表面を持つ異なる屈折率の光学材料を界面を持つ様に密着し、各光学材料の両側の平坦な面に反射膜を形成することで構成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光ファイバ。

【請求項 17】相補的形状の表面は、相補的な階段状表面であることを特徴とする請求項 16 記載の光ファイバ。

【請求項 18】更に分波・合波手段上に分波光波を検出する複数の光検出器を有する光検出器アレイが設けられ、分波・合波手段は、光ファイバ端面上の平面反射膜と光検出器アレイの端面（受光面）上の平面反射膜で構成されているファブリペローエタロンであることを特徴とする請求項 10 乃至 17 の何れかに記載の光ファイバ。

【請求項 19】分波・合波手段は、光進行方向軸に対して斜めに形成された光ファイバ端面上に形成された回折格子で構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 20】更に分波光波を検出する複数の光検出器を有する光検出器アレイが設けられ、回折格子から回折光が来る光ファイバ端部の側面上に光検出器アレイが設けられていることを特徴とする請求項 19 記載の光ファイバ。

【請求項 21】回折格子と光検出器アレイの間にレンズが設けられていることを特徴とする請求項 20 記載の光ファイバ。

【請求項 22】分波・合波手段は、光ファイバを進行してきた光の進行方向を 45° 偏向する様に斜めに形成された光ファイバ端面の反斜面と、反斜面からの光が通過するファイバ側面の領域に設けられた夫々異なる波長を分離する複数の光フィルタを有する光フィルタアレイとで構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 23】光フィルタアレイにより波長分離された分波光波を受光する複数の光検出器を有する光検出器アレイが光フィルタアレイ上に設けられていることを特徴とする請求項 22 記載の光ファイバ。

【請求項 24】分波・合波手段は、光ファイバ端面に屈折率の異なるコア延長部が設けられ、両者が接する部分に形成された回折格子から構成されていることを特徴と

する請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 25】コア延長部は、光ファイバ端面から断面がテーパ状に広がるコア拡大部になっていることを特徴とする請求項 24 記載の光ファイバ。

【請求項 26】コア延長部に回折格子が複数形成されていて、光ファイバを介して伝送されてきた波長多重光の各分波光波は、複数の回折格子で複数回の回折の影響を受けることを特徴とする請求項 24 または 25 記載の光ファイバ。

【請求項 27】更に分波・合波手段上に分波光波を検出する複数の光検出器から成る光検出器アレイが設けられ、回折格子は回折光である分波光波を複数の光検出器へ投射することを特徴とする請求項 24、25 または 26 記載の光ファイバ。

【請求項 28】分波・合波手段は、波長に従って光波を異なる方向に偏向する偏向光スイッチから構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 29】偏向光スイッチは、偏向作用を変化させる可変手段を有することを特徴とする請求項 28 記載の光ファイバ。

【請求項 30】偏向光スイッチは、音響光学効果を利用して偏向作用を行なうものであることを特徴とする請求項 28 または 29 記載の光ファイバ。

【請求項 31】更に分波・合波手段上或は光ファイバ端部に分波光波を検出する複数の光検出器から成る光検出器アレイが設けられていることを特徴とする請求項 1 乃至 30 の何れかに記載の光ファイバ。

【請求項 32】光ファイバの端面形状が光検出器アレイの検出領域の形状にほぼ一致していることを特徴とする請求項 31 記載の光ファイバ。

【請求項 33】光ファイバと分波・合波手段の間に、光ファイバ端面からコア径が拡大されて行くコア拡大部が形成されていることを特徴とする請求項 31 記載の光ファイバ。

【請求項 34】コア拡大部中にレンズが形成されていることを特徴とする請求項 33 記載の光ファイバ。

【請求項 35】光検出器アレイのアレイ幅がコア拡大部のコア径とほぼ同じであることを特徴とする請求項 33 または 34 記載の光ファイバ。

【請求項 36】分波・合波手段或はコア拡大部に接する光ファイバの端面のコア形状が矩形であることを特徴とする請求項 1 乃至 35 の何れかに記載の光ファイバ。

【請求項 37】光ファイバはプラスチック光ファイバであることを特徴とする請求項 1 乃至 36 の何れかに記載の光ファイバ。

【請求項 38】分波・合波手段は光ファイバ端面上にのみ設けられ或は形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 39】分波・合波手段は光ファイバ端面と光ファイバ端部の側面に設けられ或は形成されていることを

特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 40】光ファイバ端部のクラッドが部分的に残され、その上に分波・合波手段が置かれていることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 41】光ファイバ端部のクラッドが全面的に残され、その中に分波・合波手段が挿入されていることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 42】少なくとも分波・合波手段が、光ファイバ端部と一体となる様にモールドされていることを特徴とする請求項 1 乃至 41 の何れかに記載の光ファイバ。

【請求項 43】分波・合波手段、光検出器アレイ、受信回路が、光ファイバ端部と一体となる様にモールドされていることを特徴とする請求項 42 記載の光ファイバ。

【請求項 44】複数の光検出器を有する光検出手段、及び少なくとも光検出手段受光面上に設けられた或は形成された 2 つ以上の光波を充分狭い波長スペクトルとして分波或は合波する分波・合波手段を有することを特徴とする分波・合波手段を受光面上に備えた光検出装置。

【請求項 45】請求項 1 乃至 43 の何れかに記載の光ファイバ或は請求項 44 記載の光検出装置が、波長間隔 $\Delta\lambda_1$ で 1 つの波長信号が占有する波長幅が $\Delta\lambda_2$ とする時、 $\Delta\lambda_1 \geq \Delta\lambda_2$ である波長多重光信号を伝送する光通信系で使用されていることを特徴とする光伝送システム。

【請求項 46】前記分波・合波手段は、光ファイバから出射される光を受ける部位を分波・合波手段入射面、分波・合波手段から光が出射する面を分波・合波手段出射面とした場合、光ファイバ中を伝送されてきた波長多重信号の異なる波長信号（チャンネル）を夫々該出射面の異なる位置に出力させることを特徴とする請求項 45 記載の光伝送システム。

【請求項 47】前記光検出器アレイまたは光検出装置は、複数の光検出領域から構成され、該複数の光検出領域に入射された光信号を別々の光信号として検出できる光検出器アレイであり、該光検出器アレイを構成している光検出領域が前記分波・合波手段出射面の波長信号に対応した場所に形成されていて、光検出領域が異なるチャンネルの信号を受信することを特徴とする請求項 46 記載の光伝送システム。

【請求項 48】前記光検出器アレイまたは光検出装置は、波長多重光信号が伝送される複数のチャンネルの一部のチャンネルを別々に光検出することを特徴とする請求項 47 記載の光伝送システム。

【請求項 49】前記光検出器アレイまたは光検出装置は、波長多重光信号が伝送される複数のチャンネルの全てのチャンネルを別々に光検出することを特徴とする請求項 47 記載の光伝送システム。

【請求項 50】前記光検出器アレイまたは光検出装置は、前記分波・合波手段によりまとめて分波された波長多重光信号のうちの幾つかの光波を前記光検出器アレイ

の 1 つの光検出領域で検出し、前記分波・合波手段により個別に分波された波長多重光信号のうちの残りの幾つかの光波を該光検出器アレイの個々の光検出領域で検出することを特徴とする請求項 47 記載の光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、波長多重光通信の多重信号を波長分離し、個別の光信号として受信する分波機能付き光検出器を端面に備える光ファイバなどの分波・合波手段を端面に備える光ファイバ、分波・合波手段を受光面上に備える光検出装置、それらを使用した光伝送システムなどに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、波長多重光信号を分波し、受信する分波機能付き光検出器は、特開平 8-82711 号や特開平 8-211237 号に記載されている様に、分岐機能と光フィルタ（バンドパス）の機能を合わせたものをういたり、複数の光学長の異なる導波路を組み合わせ、干渉効果を用いて異なる波長が異なる出力導波路へ結合する所謂アレイ導波路回折格子を分波器に用いて、光検出器（或は光検出器アレイ）と組み合わせて構成されていた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記特開平 8-82711 号の従来例では、多重反射で光の分岐を行うものであった為、以下のような欠点があった。

1. 外部光をコリメートして入力しなければならない。
2. 入力光の角度を所望の角度に合わせなければならない。
3. 光フィルタの性能を場所によって変えなければならない。

【0004】また、上記特開平 8-211237 号の従来例では、異なる光路長による干渉で分波を行うものであった為、以下のような欠点があった。

1. ファイバから導波路へ光学的に結合する必要がある。
2. アレイ導波路型回折格子の導波路幅のゆらぎが特性に及ぼす影響がある。
3. ファイバ端に薄型の導波デバイスを固定しなければならない。
4. 均一に分配する為に、スラブ導波路部分に細かな工夫が必要である。

【0005】更には、上記に示した個別の欠点に加えて、いずれの場合も、光ファイバから分波器への光学結合系が必要である上に、光ファイバより大型の分岐機能（空間的な分離）を担う部分が必要である。更にまた、上記の如き欠点を解決する可能性を持つ分波・合波手段を端面に直接的に備える光ファイバ（これは、典型的に

は、比較的大きなコア径を持つプラスチック光ファイバである）はいまだ存在していない。

【0006】本発明の目的は、上記の課題に鑑み、構成要素間の光学結合を簡易にする構成を持つ分波・合波手段を端面に備える光ファイバ、同じく分波・合波手段を受光面上に備える光検出装置、それらを使用した光伝送システムなどを提供することにある。

【0007】

【課題を解決する為の手段及び作用】上記目的を達成する為の本発明の分波・合波手段を端面に備えた光ファイバでは、光ファイバ、及び少なくとも光ファイバ端面に設けられた或は形成された 2 つ以上の光波を充分狭い波長スペクトルとして分波或は合波する分波・合波手段を有することを特徴とする。すなわち、典型的には、光ファイバ端面に分波・合波手段を形成し、光ファイバのコア径程度の大きさの中で、必要な分波・受信を行う構成を提案するものである。例えば、光ファイバのコア径の中で分波・合波手段の透過波長が場所に依存して異なる構成とし、異なる波長毎に光検出器を構成しておく。この様に構成することにより、光ファイバ中を伝送される波長多重光信号を受信部で波長毎に受信する場合、光学結合に要求される精度が低減され、位置合わせの工程数を削減できる効果がある。

【0008】この様に、本発明の構成要件は、光ファイバ端面或は端面に一体として構成可能な分波・合波手段、更には光検出手段である。従来例との差は、小さな領域中に細かく異なる透過波長の光フィルタを複数個形成するのではなく、例えば、一定角度の面を有するエタロンを用いることにより、入射位置により透過波長が異なる分波・合波手段を形成し、作製を容易にしている。光ファイバのコア径が大きいほど有効な考え方となる。コア径が大きいとコアの内部に組み込んだ形状の光学素子を容易に作製でき、従来より小型のものとなる。

【0009】より具体的には以下の如き形態が可能である。分波・合波手段は、光軸方向にほぼ直角な方向に光学長が変化するファブリペローエタロンであり、更に具体的にはミラー間隔が徐々に変化する楔型ファブリペローエタロンである。この様なエタロンないし楔型エタロンは、光軸方向にほぼ直角な方向に沿って場所により異なる透過波長を示す。

【0010】隣接分波光波間のクロストークを避ける為に、分波・合波手段はその各分波光波路間に多重反射を防止する為の手段を有してもよい。この構成により、楔型エタロンのチャンネル間を分離しうる構成とでき、分離部は、チャンネル間の不要な光の漏れを低減させ、分離部がないときより、分波の性能をあげる効果がある。

【0011】楔型ファブリペローエタロンとしては、均一屈折率の光学部材とその互いに平行でない端面上の反射膜により構成されている楔型ファブリペローエタロンが代表的である。

【0012】更に分波・合波手段上に分波光波を検出する複数の光検出器を有する光検出器アレイが設けられ、楔型ファブリペローエタロンが、間隔を置いて互いに平行でない所定の関係に置かれる光ファイバ端面上の平面反射膜と光検出器アレイの端面（受光面）上の平面反射膜で構成されてもよい。この構成により、エタロン用の新たな部材が不要となり、部材がある場合より簡単に構成できる効果がある。

【0013】光ファイバ端面上の平面反射膜と光検出器アレイ端面上の平面反射膜を、間隔を置いて互いに平行でない所定の関係に置く為には、治具に光ファイバと光検出器アレイを同軸上に置いたり、スペーサ部材を光ファイバ端面と光検出器アレイ端面の間に挿入して光ファイバと光検出器アレイを隔てたりする。この場合、前記所定の関係を変化させる為の圧電素子などの可変手段を更に有してもよい。

【0014】分波・合波手段は、平行な反射膜とその間に挿入された屈折率に分布がある光学部材から構成されてもよい。エタロンを構成する2つのミラーが平行であっても、上記のエタロンと同じ効果をもつ様に、屈折率に分布がある光学部材を用いることを特徴とする。この構成において、屈折率に分布がある光学部材を用いることにより、エタロンを構成するミラーを平行に形成しても、場所により異なる透過波長のエタロンを構成することができる効果がある。屈折率分布は線形的に単調増加或は単調減少する分布であったり、階段状に変化する分布であったり、単調増加或は単調減少で階段状に変化する分布であったり、所定のランダム態様で階段状に変化する分布であったりする。この屈折率に分布がある光学部材は、屈折率分布型の光ファイバであってもよい。これらの構成において、更に分波・合波手段上に分波光波を検出する複数の光検出器を有する光検出器アレイが設けられ、分波・合波手段を、光ファイバ端面上の平面反射膜と光検出器アレイの端面（受光面）上の平面反射膜で構成されているファブリペローエタロンとして構成してもよい。

【0015】分波・合波手段は、相補的形状の表面を持つ異なる屈折率の光学材料を界面を持つ様に密着し、各光学材料の両側の平坦な面に反射膜を形成することで構成されてもよい。この場合、相補的形状の表面は、相補的な階段状表面であったりする。

【0016】分波・合波手段は、光進行方向軸に対して斜めに形成された光ファイバ端面上に形成された回折格子で構成されてもよい。回折格子は、波長毎に光を異なる方向へ回折させ、波長毎に異なる場所に回折した光を検出することができる。

【0017】更に分波光波を検出する複数の光検出器を有する光検出器アレイが設けられ、回折格子から回折光が来る光ファイバ端部の側面上に光検出器アレイが設けられていてもよい。この場合、回折格子と光検出器の間

にレンズがあれば、回折格子の分散による、波長毎の分離を、短い距離で行なえる効果がある。

【0018】分波・合波手段は、光ファイバを進行してきた光の進行方向を45°偏向する様に斜めに形成された光ファイバ端面の反斜面と、反斜面からの光が通過するファイバ側面の領域に設けられた夫々異なる波長を分離する複数の光フィルタを有する光フィルタアレイとで構成されてもよい。この場合、光フィルタアレイにより波長分離された分波光波を受光する複数の光検出器を有する光検出器アレイが光フィルタアレイ上に設けられてもよい。

【0019】分波・合波手段は、光ファイバ端面に屈折率の異なるコア延長部が設けられ、両者が接する部分に形成された回折格子から構成されてもよい。コア延長部がテーパ状に広がるコア拡大部になっている場合、回折光がコア拡大領域の端部で波長毎に異なる場所に来る様に容易にできる。また、コア延長部に回折格子が複数形成されていて、光ファイバを介して伝送されてきた波長多重光の各分波光波は、複数の回折格子で複数回の回折の影響を受ける様にできる。更に分波・合波手段上に分波光波を検出する複数の光検出器から成る光検出器アレイが設けられている場合、回折格子は回折光である分波光波を複数の光検出器へ投射する様にできる。

【0020】分波・合波手段は、波長に従って光波を異なる方向に偏向する偏向光スイッチから構成されてもよい。偏向光スイッチは、偏向作用を変化させる可変手段（例えば、同波長であっても入射タイミングにより偏向方向が違う様にする手段）を有したり、音響光学効果を利用して偏向作用を行なうものであったりする。

【0021】更に分波・合波手段上或は光ファイバ端部に分波光波を検出する複数の光検出器から成る光検出器アレイが設けられている場合において、光ファイバの端面形状が光検出器アレイの検出領域の形状にほぼ一致している様にもできる。光検出器アレイ幅が光ファイバのコア径とほぼ同等であれば、分波・合波手段が小型となり、受信系（光ファイバ、分波・合波手段、光検出器）の小型化ができる。

【0022】光ファイバと分波・合波手段の間にコア径が拡大されたコア拡大部が形成されてもよい。この構成において、コア拡大領域は、光の分布を広げる作用があり、分波・合波手段、光検出手段を大きくでき、多重数の増加或は検出器アレイ中の1検出器当りの検出面積の増加を可能にする効果がある。コア拡大伝送路中にレンズが形成されてもよい。

【0023】この場合、光検出器アレイのアレイ幅がコア拡大部のコア径とほぼ同じであれば、拡大された光検出器アレイの幅は、波長多重数の増加或は検出器アレイ中の1検出器当りの検出面積の増加を可能にする効果がある。

【0024】分波・合波手段或はコア拡大伝送路に接す

る光ファイバの端面のコア形状は矩形であってもよい。この場合、矩形のコアは、光検出器アレイの形状と結合がよい。また、光ファイバ端面のコア形状が光検出器の検出領域の形状と一致しやすく、形状の一致は、効率の高い光学結合を構成させる効果があり、更に、光ファイバからの出射光の界分布と分波・合波手段の入射界を一致させ易い。光検出手段が、矩形コアの光ファイバと同じ大きさである場合、形状が矩形で、大きさが同じ程度のものは、結合効率が高く、固定するのが容易になる。

【0025】光ファイバは、代表的には、プラスチック光ファイバ（本明細書において、プラスチック光ファイバという用語は、石英系光ファイバに対して、ポリマー、合成樹脂などの様な塑性変形可能で光学的に透明な光学材料で出来ている光ファイバの意味で用いている）であつたりする。分波・合波手段は光ファイバ端面にのみ設けられ或は形成されていたり、光ファイバ端面と光ファイバ端面の側面に設けられ或は形成されていたりする。

【0026】光ファイバ端面のクラッドが部分的に残され、その上に分波・合波手段が置かれていたり、光ファイバ端面のクラッドが全面的に残され、その中に分波・合波手段が挿入されていたりしてもよい。

【0027】少なくとも分波・合波手段が、光ファイバ端面と一体となる様にモールドされてもよい。この場合、分波・合波手段、光検出器アレイ、受信回路が、光ファイバ端面と一体となる様にモールドされていたりする。この構成において、光ファイバから光検出器まで一体となり、本発明の分波・合波手段、検出器付きの光ファイバを受信器内のボードに取り付けるのが容易になる効果がある。

【0028】更に、本発明の光検出装置は、複数の光検出器を有する光検出手段、及び少なくとも光検出手段受光面上に設けられた或は形成された2つ以上の光波を充分狭い波長スペクトルとして分波或は合波する分波・合波手段を有することを特徴とする。

【0029】更にまた、本発明の光伝送システムは、上記の光ファイバ或は光検出装置が、波長間隔 $\Delta\lambda_1$ で1つの波長信号が占有する波長幅が $\Delta\lambda_2$ とする時、 $\Delta\lambda_1 \geq \Delta\lambda_2$ である波長多重光信号を送送する光通信系で使用されていることを特徴とする。ここにおいて、前記分波・合波手段は、光ファイバから出射される光を受ける部位を分波・合波手段入射面、分波・合波手段から光が出射する面を分波・合波手段出射面とした場合、光ファイバ中を伝送されてきた波長多重信号の異なる波長信号（チャンネル）を夫々該出射面の異なる位置に出力させられる。ここで、波長多重信号の1チャンネルが規定され、光ファイバと同等程度の幅の分波・合波手段は波長多重信号を空間的に分離でき、装置全体を小型化できる効果がある。

【0030】更に具体的な態様としては、前記光検出器アレイまたは光検出装置は、複数の光検出領域から構成され、該複数の光検出領域に入射された光信号を別々の光信号として検出できる光検出器アレイであり、該光検出器アレイを構成している光検出領域が前記分波・合波手段出射面の波長信号に対応した場所に形成されていて、光検出領域が異なるチャンネルの信号を受信する様にできる。この構成において、分波・合波手段は、波長毎に空間分離する様に作用し、光検出器アレイで容易に各波長の信号を受信できる効果がある。

【0031】前記光検出器アレイまたは光検出装置は、波長多重光信号が伝送される複数のチャンネルの一部のチャンネルを別々に光検出してもよい。この構成において、一部のチャンネルの信号を受信することにより、検出器の数を低減でき、1つの検出器に割り当てられる面積を増加させられる効果がある。

【0032】また、前記光検出器アレイまたは光検出装置は、波長多重光信号が伝送される複数のチャンネルの全てのチャンネルを別々に光検出してもよい。

【0033】また、前記光検出器アレイまたは光検出装置は、前記分波・合波手段によりまとめて分波された波長多重光信号のうちの幾つかの光波を前記光検出器アレイの1つの光検出領域で検出し、前記分波・合波手段により個別に分波された波長多重光信号のうちの残りの幾つかの光波を該光検出器アレイの個々の光検出領域で検出する様にもできる。この波長多重信号の受信の仕方は、波長多重数を N とした時に、 n 波（ $n < N$ ）を個別に検出し、 m 波（ $m + n \leq N$ ）を一括して検出することを特徴とする。この構成において、個別チャンネルで検出する構成と数チャンネルまとめて検出する構成を組みあわせることにより、従来より柔軟な通信が可能となる。

【0034】

【発明の実施の形態】以下に図面を参照しながら本発明の実施の形態を説明する。

【0035】（実施例1）図1（a）は本発明の実施例1の特徴を表す図面（光ファイバ1の光軸に沿った断面の図）であり、同図において、1は円形断面のコア1aとクラッド1bから成る光ファイバ、2、3は反射膜、4は反射膜2、3がその対向する面に形成されていて且つ対向する面が平行でない関係にある光学材料、5は複数の光検出器（pinフォトダイオード、アバランシェフォトダイオードなど）からなる光検出器アレイである。ここで、光学材料ないし部材4と反射膜2、3で、所謂ファブリペロエタロン9を形成している。ファブリペロエタロン9（本明細書中では簡単にエタロンとも言う）の構成について説明する。

【0036】エタロンを構成する光学材料4は、図1

（b）に示す様に楔形状をしている（対向する面は殆ど平行に近いが、図では誇張して示している）。楔形状を

構成する互いに平行でない面（図 1（b）中に示した a、b）は、後で述べる様に光検出器アレイ 5 の検出器 5 a ~ 5 n の間隔などによって決まる角度（a 面と b 面が構成する角度）を持っている。この a 面と b 面上に反射膜 2、3 が形成してある。反射膜 2、3 の反射率は、本実施例を適用するシステムが要求する波長分解能などに依存して決まるものである。光検出器アレイ 5 の大きさは、光ファイバ 1 端面側から見た図 1（c）に示す様に光ファイバ 1 のコア径とほぼ同等となっている。

【0037】次に、楔型エタロン 9 の 2 つの面 a、b がなす角度（ θ ）及び光検出器アレイ 5 の光検出器 5 a ~ 5 n の間隔（ $d_{p,d}$ ）について示す。光検出器の数を $N_{p,d}$ とする。また、ここでは、光ファイバ 1 中を伝送されて来る光は、波長多重された信号で複数の波長の光信号が伝送されているものとし、その波長間隔を $\Delta\lambda$ 、波長数を N とする。更に、光ファイバ 1 のコア径を $d_{c,o,r,e}$ とし、エタロン 9 内部（すなわち光学部材 4）の屈折率を n とする。

【0038】

$$\theta = \tan^{-1} \{ [(N-1) \Delta\lambda / \lambda] \cdot d_{c,o,r,e} / d_{p,d} \}$$

$$d_{p,d} = [1 / (N_{p,d} - 1)] \times d_{c,o,r,e} / \cos \theta$$

また、FSR をエタロン 9 のフリースペクトラルレンジ、エタロン 9 の反射率の関数（反射率に反比例する）であるフィネスを F 、エタロン 9 の厚さ（楔形状なので一定ではないが、最も薄い部分のものとする）を d_e 、 λ を波長多重された信号の複数の波長の中央値として、 $FSR = \lambda^2 / 2nd_e$ となり、 $FSR / (N-1) > FSR / F$ を満たす必要がある。

【0039】上記の条件に合う様に、エタロン 9 の角度（ θ ）、反射膜 2、3 の反射率、光検出器 5 a ~ 5 n の間隔（ $d_{p,d}$ ）などを設定することにより、光ファイバ 1 中を伝送される波長多重信号の個別の波長の光信号を光検出器アレイ 5 の別々の光検出器 5 a ~ 5 n で受信することができる。図 3 にエタロン 9 の光検出器 5 側の各位置における透過スペクトルの様子を示した。例えば、 $n = 1.5$ 、 $\Delta\lambda = 1 \text{ nm}$ 、 $N = 10$ 、 $d_{c,o,r,e} = 1 \text{ mm}$ （この様なコア径は、典型的には、短距離伝送用のプラスチック光ファイバでとり得る）の時、 $\theta = 0.0257^\circ$ とすればよいことが分かる。角度 θ は、比較的小さいが、光学的な平坦さが $\lambda / 10$ 程度で作製できる技術があれば、実現はさほど困難なことではない。

【0040】ここで、 N 波長多重光に対して、全ての波長をエタロン 9 で分波する必要がない場合、すなわち、 N 波長多重の光信号から、 M 波長（ $M < N$ ）だけ抜き出す場合は、上記式中の N 、光検出器の数 $N_{p,d}$ の値を M にした時に得られる楔角度（ θ ）、検出器間隔（ $d_{p,d}$ ）、エタロン 9 の反射率等にすればよい。例えば、10 波長多重信号の中から 3 波長だけを分波受信することができる。

【0041】ここでは、光学部材 4 の材料として、屈折率 1.5 程度のガラスを想定したが、原理的には材料に依存するものではない。従って、面 a、b の角度を調整できるのであれば、光学材料 4 は半導体でも構わないし、反射膜 2、3 は誘電体多層膜でも、半導体多層膜でも構わない。

【0042】図 1 の例では、ファイバ 1 の端面に貼り付けたエタロン端面に光検出器アレイ 5 を形成したが、図 2 に示す様にエタロン端面の反射膜 3 に各端面の接着された複数のファイバ 6 を用いて波長毎に異なる経路へ各波長光を接続することも可能である。

【0043】本実施例では、ファイバ 1 をプラスチック光ファイバと考えてそのコア径を 1 mm としたが、もちろんこれに限ることはない。ファイバ 1 の部材も、石英系のものからプラスチック系のものまで、特に限定されるものではない。

【0044】また、ここでは、光検出器アレイ 5、エタロン 9 は、光ファイバ 1 端面に適当な接着剤で固定したが、光路となる部分には、好ましくは接着剤をつけない様にするのがよい。

【0045】次に、本実施例の動作の説明を行う。波長多重された光信号が光ファイバ 1 中を伝送され、エタロン部に到達すると、厚さの微妙に異なるエタロン 9 の各部分は、異なる透過波長を持つ様に設定されているので、波長多重信号の 1 つずつはエタロン 9 の異なる部分を透過させられる。こうして、波長毎に異なる部分で透過した波長多重信号は、このエタロン部分で、波長の差により、空間的に分離されることになる。エタロン 9 後方に形成された光検出器アレイ 5 中の個別の光検出器 5 a ~ 5 n は、波長多重信号の 1 チャンネル毎（波長毎）の光信号を検出する様に動作する。但し、波長多重信号の全ての信号を各光検出器で個別に検出する必要はなく、場合によっては、幾つかの信号のみについて分波して各検出器で検出したり、幾つかの信号についてはまとめて 1 つの検出器で検出したりする（この場合には、1 つの検出器領域を大きくして複数の信号を受光できる様にすればよい）等の種々の検出態様を採り得る。これらの動作は、適用できる範囲で以下の実施例においても共通の動作である。

【0046】尚、以上の説明では光検出についてのみ説明したが、本発明の構成は、例えば、発光動作にも適用することができる。即ち、光検出器アレイに変えて光源アレイを備えて、各光源からの異なる発光スペクトルの光をエタロン部分で合波して光ファイバに結合することもできる。この構成は、特に LED の如く発光スペクトルの幅が比較的広い光源を用いる場合に、スペクトルの幅がエタロン部分でシャープにされて光ファイバ端面部分で合波されるので、有効である。このことは適用できる範囲で以下の実施例でも同じである。

【0047】（実施例 2）図 4 は本発明の実施例 2 の特

徴を表す図（軸方向の断面）であり、同図において1は光ファイバ、14は楔型の光学部材、12、13は楔型光学部材14の両端面に形成された反射膜、19は楔型の光学部材14と両端面に形成された反射膜12、13で構成された楔型エタロン、15は光検出器アレイ、15aは各光検出器、12dは反射膜12と光学部材14が接する部分に間隔（ $d_{p,d}$ ）毎に光検出器15aと対向する部分からずれて形成された反射を妨げる構造である。楔型エタロン19の楔の角度（ θ ）と光ファイバ1のコア径（ $d_{c,o,r,e}$ ）の間等には実施例1で説明した様な関係がある。

【0048】この構造により、反射面12での不要な反射を防ぐことができ、各波長の光をより正確に検出できる。反射を妨げる構造12dがない場合に生じる可能性のある不要な光の例を図4に破線で示した。実施例2では、この構造12dとして反射膜12が形成されていない部分を導入した。

【0049】この反射防止構造12dは、反射膜12、13の両側にあっても、片側にあってもよい。両側にある場合の方が、片側にある場合より効果が高いが、使用目的によっては、片側で良い場合もある。また、反射防止構造は、反射膜上のみでなく光学部材14中に、各光検出器15aへの光路を互いに隔てて完全に遮光部が設けられて構成されてもよい。その他の構成、動作については、実施例1と同じである。

【0050】（実施例3）図5（a）は本発明の実施例3の特徴を表す図であり、同図において、1は、例えば、コア径1mmのプラスチックの光ファイバ、25は光ファイバ端面に対して若干傾斜した受光面を持つ光検出器アレイ、22は光ファイバ1の端面上に形成された反射膜、23は光検出器アレイ25の傾斜端面上に形成された反射膜、26は光ファイバ1、光検出器アレイ25を同軸上に所定の関係で固定する為の溝構造を有する保持治具である。図5（b）に、光ファイバ1固定用の溝26b（図示例では矩形断面の溝）、光検出器アレイ25固定用溝（例えば、図5（a）に示す光検出器アレイ25の形状を有する矩形断面の溝）、両者間に空間を形成する為の溝26a（図示例ではV溝になっている）を持つ保持治具26のA-A'矢視断面構成を示す。

【0051】光検出器アレイ25は円筒形状の構成とした。すなわち、円筒の軸に垂直方向から斜めに切った傾斜面を持つ円筒形状である。斜めの角度については、後述する。

【0052】本実施例では、光ファイバ1の端面に反射膜22が構成してあり、光検出器アレイ25が形成されている部材が楔型に形成されていてその片面に反射膜23が形成してある。そして、反射膜22付き光ファイバ1と反射膜23付き光検出器アレイ25を保持治具26へ所望の間隔を形成して固定することで、反射膜22と反射膜23とその間の空間により上記の楔型エタロンと

同等の機能を担うエタロン構成を形成している。

【0053】検出器25aが形成されている部材の斜めの角度（ θ ）は、上記実施例と同じ様な次の関係を持つ。光ファイバ1の中を波長多重信号（波長間隔 $\Delta\lambda$ 、波長数N）が伝送されてきて本実施例の分波素子（反射膜22と反射膜23とその間の空間）へ入力されるとし、光ファイバ1のコア径を $d_{c,o,r,e}$ 、光検出器アレイ25中の光検出器25a間隔を $d_{p,d}$ （個数を $N_{p,d}$ ）として、光検出器アレイ25の反射膜23が形成されている面の中心軸（光軸）からの傾き（ θ ）等は次の式で与えられる（ λ 、 d_c については実施例1と同様）。

【0054】

$$\theta = \tan^{-1} \{ [(N-1) \Delta\lambda / \lambda] \cdot d_c / d_{p,d} \}$$

$$d_{p,d} = [1 / (N_{p,d} - 1)] \times d_{c,o,r,e} / \cos \theta$$

ここで、 $n=1$ である（反射膜22と反射膜23の間の空間は空気なので）。

【0055】この様な構成にすることにより、実施例1と同様に、光検出器アレイ25の個々の光検出器25aに対応した部分の上記分波素子（エタロン）の透過波長が空間間隔で異なり、個々の光検出器25aで異なる波長に対応した信号を検出することができる。

【0056】保持治具26をSiベースの部材で形成する場合には、保持治具と光検出器の部分を集積化する構成にできる（Siの検出器が使用できない長波長光を扱う場合には、それに対応した部材で保持治具を作ることにより同じ効果がある）。

【0057】本実施例では、保持のやり易さから光検出器アレイ25は円筒状の部材のものと説明したが、立方体形状等のものでも、保持治具が対応できれば、性能の差はない。

【0058】また、圧電素子などで光検出器アレイの姿勢を制御できる様にすれば（傾斜角を変える）、分波できる波長領域を可変にしたり各検出器に導かれる波長を可変にできる。その他の構成、動作については、実施例1と同じである。

【0059】（実施例4）図6は本発明の実施例4の特徴を表す図である。同図において、1は例えばプラスチック光ファイバである光ファイバ、35は光検出器アレイ、32は光ファイバ1の端面上に形成された反射膜、33は光検出器アレイ35の端面上に形成された反射膜、36、37は反射膜32と33の間の間隔を所望の状態に設定する為のスペーサである。スペーサは、光ファイバ1の断面形状などに合わせて環状の部材でもよいし、図示例の様に長さの異なる複数の部材36、37で構成してもよい。

【0060】光検出器アレイ35の反射膜33が形成されている面の中心軸からの傾き（ θ ）等は実施例3で述べたものと同じ関係で決定される。ファイバ1端面に、スペーサ36、37を固定し、その上に、光検出器アレ

イ 35 を固定することにより、この傾き (θ) で規定される所望の間隔のエタロンをファイバ端面に形成できる。この構成では、エタロンのミラー (反射膜) の傾きが、スペーサ 36、37 により決められるので、反射膜を担う部材 (光検出器アレイ 35) が斜めの面を有している必要がなく (図 6 の例では光検出器アレイ 35 が傾斜端面を持つ様に描かれているが、こうする必要がない)、従来より簡単に形成できる。

【0061】この場合も、圧電素子などでスペーサの一部の長さを変えて光検出器アレイの姿勢を制御できる様にすれば (傾斜角を変える)、分波できる波長領域を可変にしたり各検出器に導かれる波長を可変にできる。その他の構成、動作については、実施例 1 と同じである。

【0062】(実施例 5) 図 7 (a) は本発明の実施例 5 の特徴を表した図である。同図において、1 は例えばプラスチック光ファイバである光ファイバ、42、43 は反射膜、44 は内部に屈折率分布がある光学材料、45 は光検出器アレイである。

【0063】光学材料 44 は、例えば、プラスチックにドーパントをドーブして屈折率分布を与えたものであり、その形状は、直方体 (或は円筒) である。その対向する 1 組の面に反射膜 42、43 が形成されエタロンを構成している。光学材料 44 の内部屈折率は、図 7

(b) に示す様な分布となっている。これは、光検出器アレイ 45 の個別素子 45a 毎に対して透過波長の異なるエタロンを構成する為の次に示す関係を満たす屈折率分布である。

【0064】光ファイバ 1 の中を波長多重信号 (波長間隔 $\Delta\lambda$ 、波長数 N) が伝送されてきて本実施例の分波素子へ入力されるとし、光ファイバ 1 のコア径を d_{core} 、光検出器アレイ 45 中の光検出器 45a 間隔を d_{oa} (個数を N_{oa}) として、屈折率の分布の変化 $\Delta n(x)$ は次のようにした。x は光が進む方向に垂直な方向である。n₀ は、光学部材 44 の一番低い屈折率である (λ 、 d_{oa} については実施例 1 と同様)。

【0065】

$$\theta = \tan^{-1} \{ [(N-1) \Delta\lambda / \lambda] \cdot d_{oa} / d_{core} \}$$

$$\Delta n(x) = n_0 (1 + x \cdot \tan \theta)$$

このような分布を光学材料 44 内につけることにより

(図 7 (b) にその分布を示した)、光検出器アレイ 45 中の各検出器 45a に相当する位置で、それぞれ異なる透過波長を生み出すエタロンを構成できるので、波長多重信号を分波して、別々に光検出器 45a で受信することができる。動作は上記実施例と同じである。

【0066】また、上記の関係は、x 軸方向に線形に変化させたが、図 7 (c) に示した様に、光検出器アレイ 45 の各光検出器 45a に対応した部分で屈折率が階段状に変化する光学材料構成でもよい。この場合、階段状に変化する屈折率分布は、階段の中心で、上記の条件に

なっている様に設定した (階段の中心を結ぶ線を図 7 (c) に破線で示した)。また、屈折率分布は、単調増加でなくてもよい。屈折率分布は、各光検出器 45a で検出すべき波長の分布に応じて決めればよい。単調増加でない場合の屈折率分布を図 8 に示した。更には、電気光学材料を使って、ここに印加する電界を変えることで屈折率分布を可変にする様にもできる。

【0067】(実施例 6) 図 9 は本発明の実施例 6 の特徴を表した図である。同図において、1 は例えばプラスチック光ファイバである光ファイバ、52、53 は反射膜、54 は適当な長さの屈折率分布型 (graded index (GI)) プラスチック光ファイバ、55 は光検出器アレイである。

【0068】GI 型プラスチック光ファイバ 54 を適当な長さにし、その両端に反射膜 52、53 を形成することにより、場所により透過波長が異なるエタロンとなる。GI 型プラスチック光ファイバ 54 は、中心から周辺に向って屈折率が小さくなる。その分布は大まかに 2 乗分布である。従って、光検出器アレイ 55 の各光検出器 55a は環状になって間隔を置いて配置されている。

【0069】ここでは、光ファイバ 1 の中を波長多重信号 (波長間隔 $\Delta\lambda$ 、波長数 N) が伝送されてきて本実施例の分波素子へ入力される。光ファイバ 1 のコア径を d_{core} 、光検出器アレイ 55 中の光検出器 55a 間隔を d_{oa} (個数を N_{oa}) とした時、次の様に光検出器 55a を配置することにより、所望の波長の光を各光検出器 55a で検出できる構成となる。n₀ をコア中心部で最も屈折率が高い領域の屈折率とした。

【0070】

$$f(x) - f(x + \Delta x) = \Delta n$$

$$\Delta n = N \Delta\lambda / (2 n d_{core}) \cdot 1 / (\lambda + \Delta\lambda) \cdot x / d_{core}$$

$$f(x) = n_0 - 4 n_0 x^2 / d_{core}^2$$

ここで、一番下の式は、ファイバ 1 の中の屈折率分布を示していて、 $0 < x < d_{core} / 2$ である。真ん中の式は、波長多重の各チャンネルに対応した所望の屈折率差を示してる。これらの式より出る Δx が光検出器 55a の間隔となる。ここでは屈折率分布が放物線状なので x の位置により Δx が決まり、単純に等間隔に配置すればよい訳ではない。

【0071】この様な構成では、屈折率分布のある部材 54 を簡単に入手でき、作製も反射膜 52、53 に注意を払えば、簡単に構成できる。この構成の場合、光ファイバ 54 が円筒状なので、もとの光ファイバ 1 への結合 (或は固定) も容易となる。その他動作等については上記実施例と同じである。

【0072】(実施例 7) 図 10 (a) は実施例 7 の特徴を表した図である。同図において、1 は例えばプラスチック光ファイバである光ファイバ、62、63 は反射膜、64 は 2 種類の屈折率の材料からなる光学材料、6

5は光検出器アレイである。

【0073】光学材料64は、相補的な階段状表面を持つ2つの屈折率の材料を接着剤無しで密着するなどして形成され、階段状の界面を持っている(図10(b)参照)。各材料の平坦な面に反射膜62、63がそれぞれ形成されている。この様な構成により、対向する反射膜62、63の間の光学的な長さ(屈折率 n_1 、 n_2 と物理的な長さ $L_1(x)$ 、 $L_2(x)$ の積)を場所(x)によって変えることができる。

【0074】ここで、光ファイバ1の中を波長多重信号(波長間隔 $\Delta\lambda$ 、波長数N)が伝送されてきて本実施例の分波素子へ入力されるとし、光ファイバ1のコア径を d_{core} 、光検出器アレイ65中の光検出器65a間隔を d_{pd} (個数を N_{pd})として、屈折率の階段分布の1段当りの光軸方向の幅(Δl (エル))は次の式で表せる。

$$\Delta l(x) = [(N-1)\Delta\lambda] / [2n(\lambda + \Delta\lambda)] \times (n_1 L_1 - n_2 L_2) / (n_1 - n_2)$$
 ここで、 n_1 、 n_2 は2種類の材料のそれぞれの屈折率で $n_1 > n_2$ 、 L_1 、 L_2 はそれぞれ屈折率 n_1 の材料の長さ
 と屈折率 n_2 の材料の長さ、 $n = (n_1 L_1 - n_2 L_2) / (L_1 - L_2)$ である。

【0075】このような分布を光学材料64内につけることにより、光検出器アレイ65中の各検出器65aに相当する位置で、それぞれ異なる光学長のエタロンを構成することができる。すなわち、各光検出器65aに対応して透過波長の異なるエタロンを構成できるので、波長多重信号を分波して、別々に光検出器65aで受信することができる。

【0076】また、上記の関係は、 $L_2(x)$ がx軸方向に単調増加するが、実施例5に示した様に、屈折率の状態は、それぞれの光検出器65aで所望の波長が選択できるエタロンが構成されていれば、適当でよい。その他動作等については上記実施例と同じである。

【0077】(実施例8)図11は実施例8の特徴を表す図であり、同図において、71は光ファイバ(例えば、プラスチック光ファイバ)、72は回折格子、75は光検出器アレイである。回折格子72は、光ファイバ71の端面にフォトリソ技術などを用いて形成されいて、その角度(ファイバ71の光進行方向と成す角度)、ピッチ等は、光検出器アレイ75を形成してあるファイバ71の側面位置へ、波長多重信号が回折される様に設定されている。

【0078】基本的な動作は、光ファイバ71中を伝送される波長多重信号が本実施例のデバイスに到達すると、回折格子72で波長毎に異なる角度で回折され(この様に本実施例では反射角が波長に依存する回折格子の波長分散性を利用している)、光検出器アレイ75の各光検出器75aで電気信号に変換されるものである。光検出器アレイ75はファイバ71の側面上に取り付けられるので、ファイバ71が円筒状であれば、円筒状側面

に沿って取り付けられる。ファイバ71の断面が矩形ならば、光検出器アレイ75は回折格子72に対向するファイバ71の側平面上に取り付けられればよいので、取り付けが容易になる。その他動作等については上記実施例と同じである。

【0079】(実施例9)回折格子72による、波長分解を確実にする為に、図12に示した様に、レンズ77を用いて回折光を光検出器アレイ75に集光すれば、さらに効率良く波長分解を行うことができる。レンズ77は例えば円筒状の固定治具78内に取り付けられればよい。また、レンズ77、光検出器アレイ75をモールド形成することにより、これらを一体化でき、ファイバ71の側面上への取り付けなどの扱いが楽になる。

【0080】(実施例10)図13は実施例10の特徴を表す図であり、同図において、81は光ファイバ(例えば、プラスチック光ファイバ)、82は光ファイバ81を45°斜面に沿って切った反射面、84は透過波長バンド(λ_1 、 λ_2 、 λ_3)が異なる光バンドパスフィルタアレイ、85は光検出器アレイである。光バンドパスフィルタアレイ84の各フィルタは、光検出器アレイ85の各光検出器85a面に異なる波長の信号を検出させる様に形成されている。

【0081】基本的な動作は、光ファイバ81中を伝送される波長多重信号が本実施例のデバイスに到達すると、反射面82で反射され、光検出器アレイ85の前に設置された光バンドパスフィルタアレイ84で、光検出器アレイ85の各光検出器85aへ入射する波長を選択し、最後に光検出器85aで各光信号を電気信号に変換するものである。

【0082】本実施例でも、光ファイバ81の断面が矩形ならば、光バンドパスフィルタアレイ84と光検出器アレイ85は反射面82に対向する光ファイバ81の側平面上に取り付けられればよいので、取り付けが容易になる。また、複数の光バンドパスフィルタによる波長多重光からの分波は、各バンドパスフィルタで不必要な光を除去するので、上記実施例の分波方式と比べると、光の利用効率が劣ることは否めない。その他動作等については上記実施例と同じである。

【0083】(実施例11)図14は本発明の実施例11を表す図であり、同図において、91は光ファイバ(例えば、コア径が1mmのプラスチック光ファイバ)、92は光ファイバのコア91aが拡大されたテーパー状のコア拡大部分、99はファブリペロエタロン、95は光検出器アレイである。ファブリペロエタロン99は、実施例1でも説明した様に、楔型の均一屈折率の光学部材94の平行でない面に反射膜96、97が形成されているものである。その分波機能は、実施例1で説明した通りである。

【0084】コア拡大部92は、光ファイバ91中を伝送されてきた光ビームが所望の値に広がる部分である。

例えば、光ファイバ 91 のコア径が 1 mm で、それを 5 mm まで広げたい場合は、約 20 cm 程度の円柱状（径 1 cm 程度）の構造のものである。

【0085】光ファイバ 91 中を伝送される光は、コア拡大部 92 で、自然に広がり（この様に自然に広げる為に約 20 cm 程度のコア拡大部 92 の長さが必要である）、コア拡大部 92 の端では約 5 mm φ の光ビームになっている。この光ビームがファブリペロエタロン 99 に入力され、分波され、分波光が光検出器アレイ 95 の各チャンネルへ入力される。本実施例でも、ファイバ 91 の断面は、円形に限らず矩形などにもでき（それに従ってコア拡大部 92 とエタロン 99 の断面も）、その場合、同じく同サイズの矩形をした光検出器アレイ 95 などの取り付けが容易になる。その他動作等については実施例 1 と同じである。

【0086】（実施例 12）図 15 に、図 14 のコア拡大部 92 にレンズ効果のあるもの 93 を挿入した例を示した。図 15 では、コア拡大部 92 と屈折率の異なる凸形状のレンズ 93 を挿入した例を示した。この構成により、上記実施例 11 の構成より、コア拡大部 92 を介して短距離で光を所望の大きさに広げることが可能となる。その他は、実施例 11 と同じである。

【0087】（実施例 13）図 16 は本発明の実施例 13 を表す図であり、同図において、101 は光ファイバ、102 は光ファイバのコア 101 a が拡大されたコア拡大部、103 は光ファイバ 101 とコア拡大部 102 の界面に形成された回折格子、105 は複数の光検出器 105 a から構成される光検出器アレイである。回折格子 103 を形成する為に、コア拡大部 102 は、光ファイバ 101 のコア 101 a と異なる屈折率を有している。

【0088】光ファイバ 101 中を伝送されてきた光波長多重信号は、回折格子 103 により、波長毎に回折されてコア拡大部 102 で波長毎に異なる光検出器 105 a へ入力され、波長多重信号を分波・検出できる。実施例 12 の様に、コア拡大部 102 にレンズ効果のある構造を形成しておくことにより、より短距離で波長毎に異なる光検出器 105 a へ入射させることが可能となる。その他動作等は、上記実施例と同じである。

【0089】（実施例 14）図 17 は本発明の実施例 14 を表す図であり、同図において、111 は光ファイバ、112 は光ファイバのコア 111 a が拡大されたコア拡大部、113 は偏向光スイッチ、115 は複数の光検出器 115 a から構成される光検出器アレイである。偏向光スイッチ 113 は、例えば、音響光学効果で光を波長に従って異なる方向に偏向する構造を有したり、同一波長光を時間に従って走査・偏向する構造を有したりする。

【0090】本実施例では、光ファイバ 111 中を伝送されてきた時分割多重信号光を偏向器 113 を用いてチ

ャンネル毎に異なる方向に偏向し、光検出器アレイ 115 の所望の光検出器 115 a へ入力させるものである。その他動作等は実施例 11 と同じである。

【0091】（実施例 15）図 18 は本発明の実施例 15 を表す図であり、同図において、121 は光ファイバ、122 は光ファイバ 121 へ接続されている分波機能部、123 a ~ 123 c は分波機能部 122 の表面に形成されている回折格子（回折格子 123 a は光ファイバ 121 と分波機能部 122 の界面に形成されている）、125 は複数の光検出器 125 a から構成された光検出器アレイである。

【0092】光ファイバ 121 からの光は、回折格子 123 a にあたって回折され、回折格子 123 a で回折された回折光は回折格子 123 b へ伝播し、それに他の回折格子 123 c で順次回折を繰り返して、光検出器アレイ 125 へ入力する。波長多重光は、複数の回折格子 123 a ~ 123 c の影響を受けて各光検出器 125 a へ入力されるので、波長分解能の高い分波が可能となる。その他動作等は実施例 13 と同じである。

【0093】（実施例 16）図 19 は本発明の実施例 16 を表す図である。同図において、1 は光ファイバ（例えば、コア径 1 mm のプラスチック光ファイバ）、9 は楔型ファブリペロエタロン、5 は光検出器アレイ、134 は受信回路、135 は光ファイバ 1 の端部、エタロン 9、光検出器アレイ 5、受信回路 134 をモールドする為の樹脂である。

【0094】楔型ファブリペロエタロン 2 は、典型的には、実施例 1 から 7 に示したような構造を用いることができる（他の実施例にも適用可能ではある）。モールド用樹脂 135 は、楔型ファブリペロエタロン 9、光検出器アレイ 5、受信回路 134 を包み込む様に形成されている。受信回路 134 の電源への給電と受信した光信号を電気信号に変換した信号の取り出しの為に、電極端子 136 がモールド樹脂 135 の外と内をつないでいる。

【0095】この様に構成することにより、光部品（ここでは、楔型ファブリペロエタロン 9 と pin フォトダイオードなどの光検出器アレイ 5）と電気部品（ここでは、受信回路 134）を光ファイバ 1 の端面に光軸を合わせて容易に固定することが可能となり、光部品同士の軸ずれを気にしなくてよくなる。

【0096】（実施例 17）図 19 では、光ファイバ 1 の端面に楔型ファブリペロエタロン 9 と光検出器アレイ 5 を密着して積み重ねた形態として、その周囲をモールドしたが、図 20 に示す様に、光ファイバ 1 の一部分 146（ここではクラッド 1 b）を軸方向に残し、その上に光部品と電気部品を載せ、モールド 145 する構成でもよい。この構成では、光ファイバ 1 を横にしたまま、光部品と電気部品を組み込んで固定してモールドできるので、作業が簡単になり歩留まりが向上する。ここで、光ファイバ 1 が矩形の断面を有し、その一片のクラッド 1

46を残してそこに光部品と電気部品を組み込んで固定しモールドすれば作業が更に簡単になる。

【0097】(実施例18)図21に実施例18を示した。ここでは、光ファイバ1のコア部分1aをエッチング等の方法で掘り下げた構成としてある。この光ファイバ1のクラッド1bのみを残した端部156中に光部品と電気部品を入れ込み、その最外部をモールド樹脂155で埋め込むものである。この構成にすることにより、光部品と電気部品を固定するのが更に容易になり、またモールド樹脂155の量も少なく済む効果がある。

【0098】実施例16～18では、光部品として、エタロンなどの分波手段と光検出器アレイを用いた例を示したが、部品としてはこれに限られるものではなく、他の光部品であっても、同様の効果がある。また、上記実施例では、光部品と電気回路部分をまとめてモールドしたが、光部品だけをモールドして、電気回路を外側に配置してもよい。

【0099】

【発明の効果】以上説明した様に、プラスチック光ファイバなどの光ファイバの少なくとも端面を含む端部にエタロンなどの分波・合波手段、更には光検出器、光源などを設けることにより、比較的容易にコンパクトで性能の良い分波・合波手段を端部に備える光ファイバ等を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1の構成を説明する為の図であって、光ファイバの光軸を含む面で切断した断面構成(a)と楔型ファブリペロエタロンの斜視構成(b)とファイバ端面側から構成(c)を示す図である。

【図2】本発明の実施例1で光検出器アレイの代わりに複数の光ファイバをエタロンに接続した場合の構成を説明する図である。

【図3】本発明の実施例1で用いている楔型エタロンの動作を説明する為の図である。

【図4】本発明の実施例2の構成を説明する光ファイバの光軸を含む面で切断した断面図である。

【図5】本発明の実施例3の構成を説明する為の図であって、上から見た構成(a)とA-A'矢視方向から見た保持治具の構成(b)を示す図である。

【図6】本発明の実施例4の構成を説明する光ファイバの光軸を含む面で切断した断面図である。

【図7】本発明の実施例5の構成を説明する為の図であって、光ファイバの光軸を含む面で切断した断面構成(a)と光学材料44内の屈折率分布(b)と光学材料44内の他の例の屈折率分布(c)を示す図である。

【図8】本発明の実施例5の光学材料44内の更に他の例の屈折率分布を説明する図である。

【図9】本発明の実施例6の構成を説明する光ファイバの光軸を含む面で切断した断面図である。

【図10】本発明の実施例7の構成を説明する為の図で

あって、光ファイバの光軸を含む面で切断した断面構成(a)と光学材料64内の屈折率分布(b)を示す図である。

【図11】本発明の実施例8の構成を説明する光ファイバの光軸を含む面で切断した断面図である。

【図12】本発明の実施例9の構成を説明する光ファイバの光軸を含む面で切断した断面図である。

【図13】本発明の実施例10の構成を説明する光ファイバの光軸を含む面で切断した断面図である。

【図14】本発明の実施例11の構成を説明する光ファイバの光軸を含む面で切断した断面図である。

【図15】本発明の実施例12の構成を説明する光ファイバの光軸を含む面で切断した断面図である。

【図16】本発明の実施例13の構成を説明する光ファイバの光軸を含む面で切断した断面図である。

【図17】本発明の実施例14の構成を説明する光ファイバの光軸を含む面で切断した断面図である。

【図18】本発明の実施例15の構成を説明する光ファイバの光軸を含む面で切断した断面図である。

【図19】本発明の実施例16の構成を説明する光ファイバの光軸を含む面で切断した断面図である。

【図20】本発明の実施例17の構成を説明する光ファイバの光軸を含む面で切断した断面図である。

【図21】本発明の実施例18の構成を説明する光ファイバの光軸を含む面で切断した断面図である。

【符号の説明】

1、6、71、81、91、101、111、121

光ファイバ

1a、101a、111a コア

1b クラッド

2、3、12、13、22、23、32、33、42、43、52、53、62、63、96、97 反射膜

4、14 光学部材(光学材料)

9、99 楔型エタロン

5、15、25、35、45、55、65、75、8

5、95、105、115、125 光検出器アレイ

5a～5n、15a、25a、45a、55a、65

a、75a、85a、105a、115a、125a

光検出器

12d 反射防止機構

26 保持治具

26a、26b 保持治具の溝

36、37 スペーサ

44 屈折率分布を持つ光学材料

54 屈折率分布を持つ光ファイバ

64 2種類の屈折率を持つ材料から成る光学部材

72、103、123a～123c 回折格子

77 レンズ

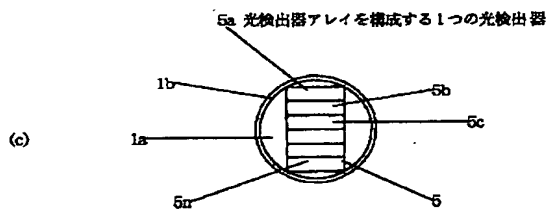
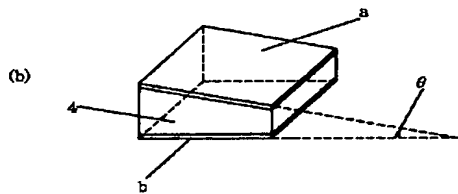
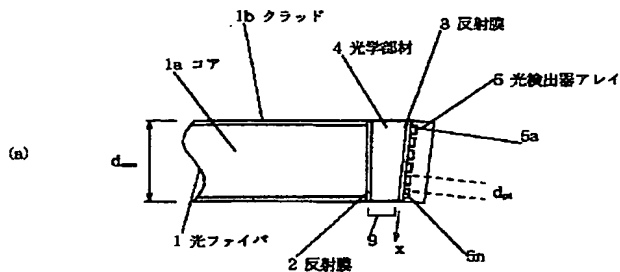
78 レンズの固定治具

82 反斜面

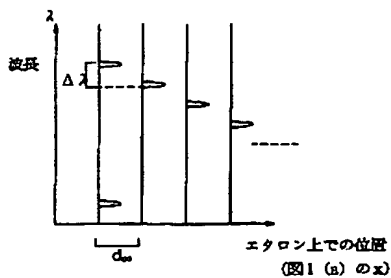
84 バンドパスフィルタアレイ
 92、102、112 コア拡大部
 93 コア拡大部中のレンズ
 113 偏向光スイッチ
 122 分波部

134 受信回路
 135、145、155 モールド樹脂
 136 電源及び信号線
 146、156 クラッド延長部 146

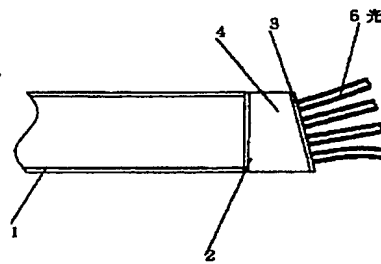
【図1】



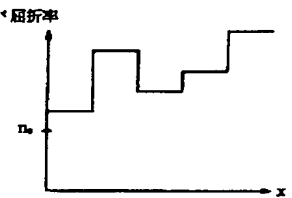
【図3】



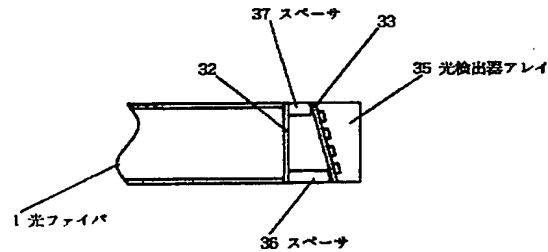
【図2】



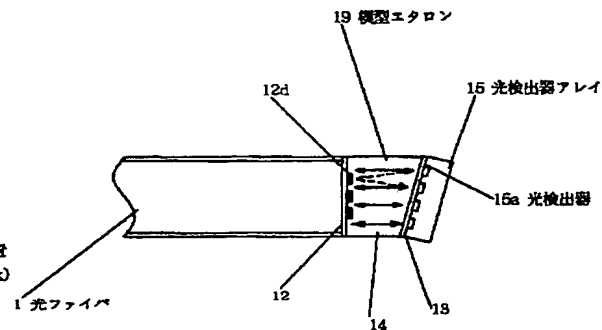
【図8】



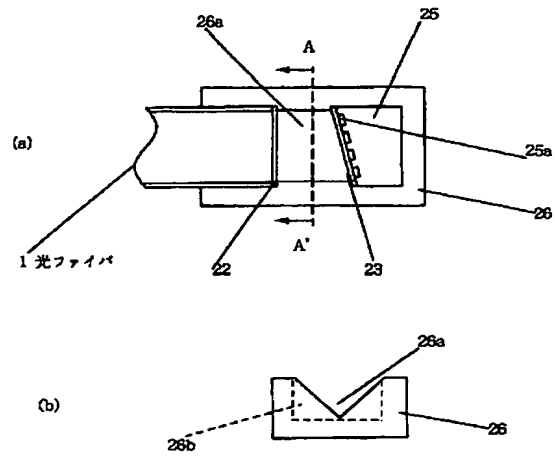
【図6】



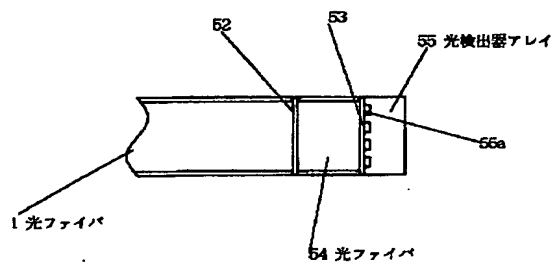
【図4】



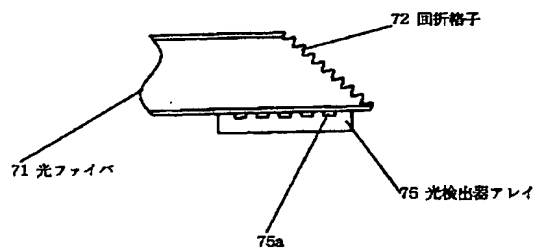
【図 5】



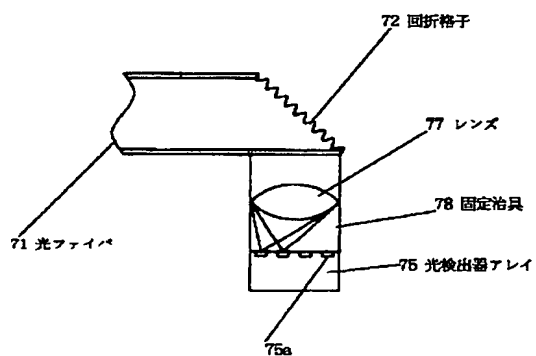
【図 9】



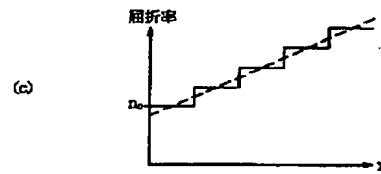
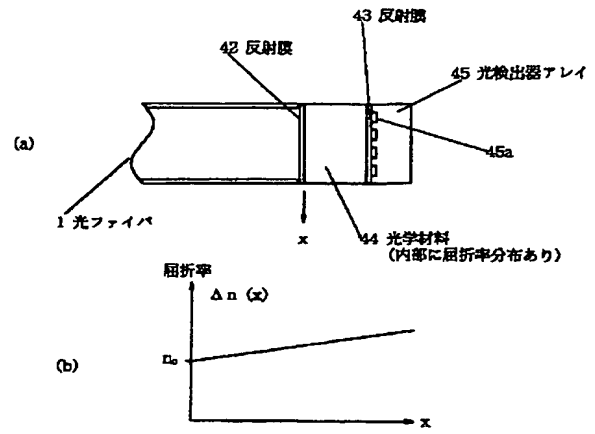
【図 11】



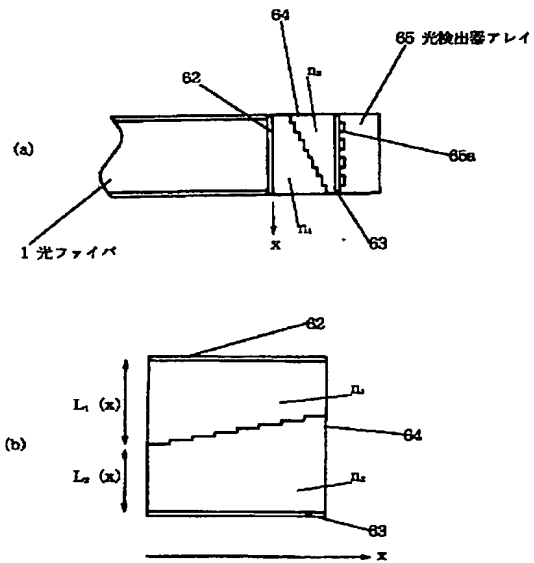
【図 12】



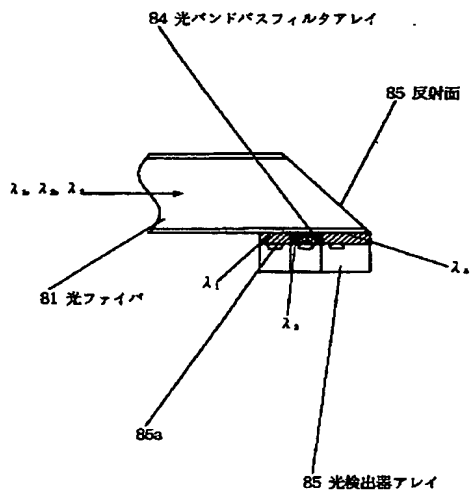
【図 7】



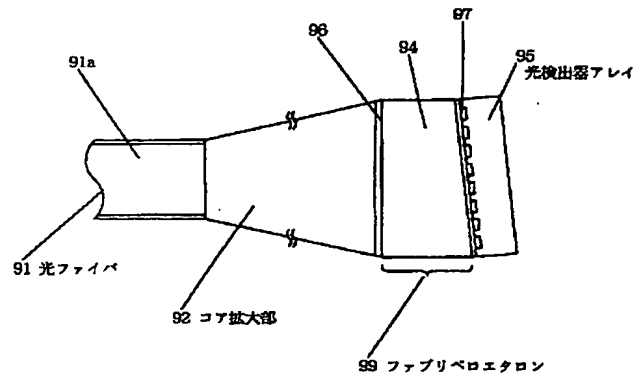
【図 10】



【図 13】

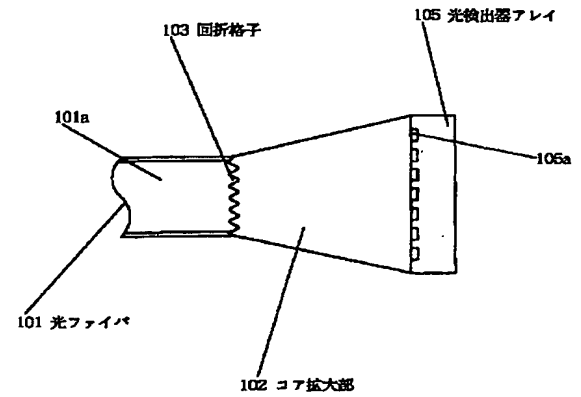
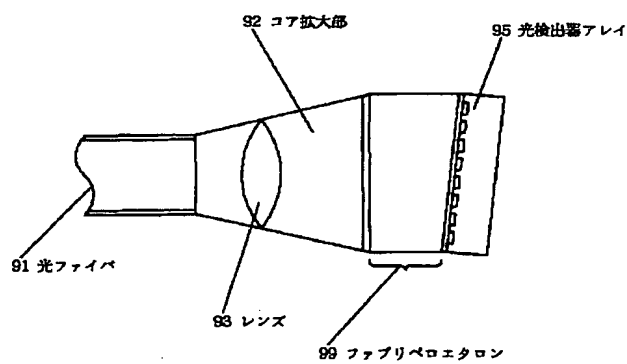


【図 14】

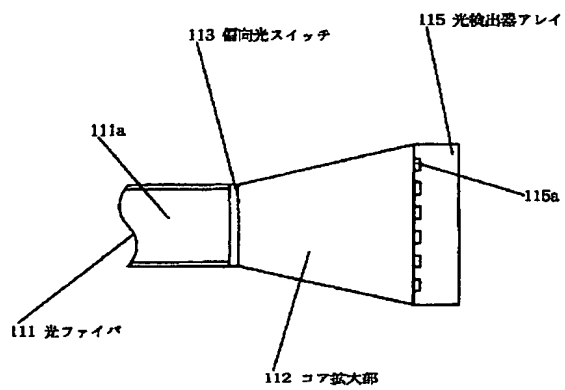


【図 16】

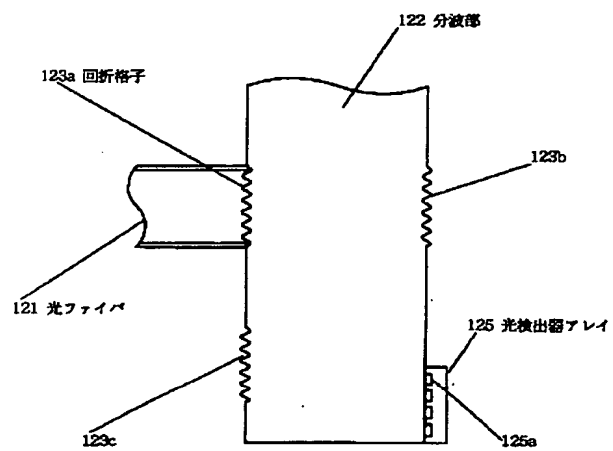
【図 15】



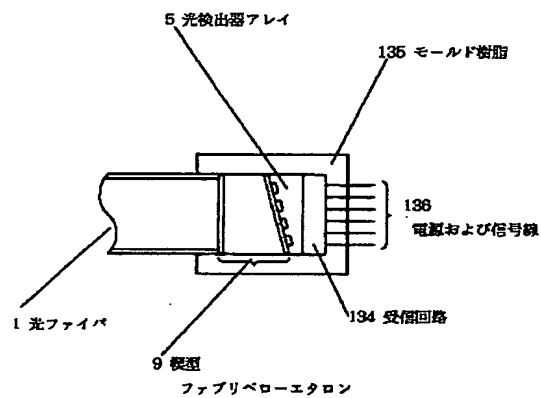
【図 17】



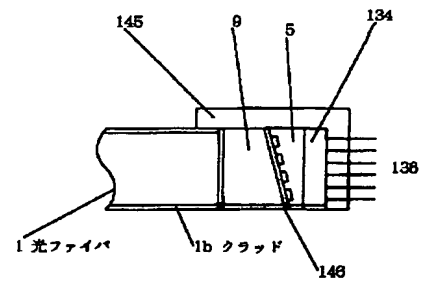
【図 18】



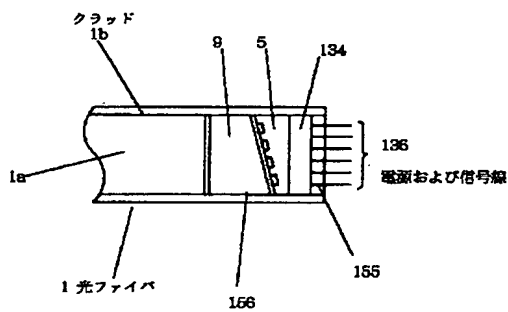
【図 19】



【図 20】



【図 21】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

F I
G 0 2 B 6/28

テーマコード (参考)

C
D

(72) 発明者 半田 祐一
東京都大田区下丸子 3 丁目 30 番 2 号 キヤ
ノン株式会社内

F ターム (参考) 2H037 AA01 BA11 CA00 CA33 DA03
DA04 DA06
2H050 AC03 AC90 AD16



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000137138 A**

(43) Date of publication of application: **16.05.00**

(51) Int. Cl

G02B 6/293

G02B 6/10

G02B 6/32

G02B 6/42

G02B 27/10

(21) Application number: **10327490**

(22) Date of filing: 02.11.98

(71) Applicant: **CANON INC**

(72) Inventor: NITTA ATSUSHI
NUMAI TAKAAKI
HANDA YUICHI

(54) OPTICAL FIBER HAVING
DEMULPLEXING/MULTIPLEXING MEANS AT
END PART AND PHOTODETECTOR HAVING
DEMULPLEXING/ MULTIPLEXING MEANS ON
PHOTODETECTING SURFACE

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To relatively easily embody an optical fiber having demultiplexing/ multiplexing means which are compact and good in performance by providing the optical fiber with the demultiplexing/multiplexing means which are formed at the optical fiber and at least optical fiber end faces and demultiplex or multiplex $\lambda/2$ light waves as sufficiently narrow wavelength spectra.

SOLUTION: The optical fiber has the demultiplexing/multiplexing means 2 to 4 which are formed at the optical fiber 1 and at least the end face of the optical fiber 1 and demultiplex or multiplex ≥ 2 light waves as sufficiently narrow wavelength spectra. Namely, this optical fiber array consists of the optical fiber 1 consisting of a core 1a and clad 1b having a circular section, reflection films 2 and 3, an optical material 4 which is formed with the reflection films 2 and 3 on its opposite surface and of which the opposite surfaces have a relation not parallel with each other and plural photodetectors 5. According to such constitution, the

accuracy required for optical coupling is lowered and the number of aligning stages can be decreased when the wavelength multiplex light signals transmitted on the optical fiber are received for every wavelength in a reception section.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

